

ISSN: 1139-613X

14

POSIBILIDADES DE UTILIZACIÓN DE LA GEOLOCALIZACIÓN Y REALIDAD AUMENTADA EN EL ÁMBITO EDUCATIVO

(POSSIBILITIES OF USING GEOLOCATION AND AUGMENTED REALITY
IN EDUCATION)

Javier Fombona Cadavieco
Universidad de Oviedo

Esteban Vázquez-Cano
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

DOI: 10.5944/educXX1.10852

Cómo referenciar este artículo/How to reference this article:

Fombona Cadavieco, J. y Vázquez-Cano, E. (2017). Posibilidades de utilización de la Geolocalización y Realidad Aumentada en el ámbito educativo. *Educación XX1*, 20(2), 319-342, doi: 10.5944/educXX1.10852

Fombona Cadavieco, J. & Vázquez-Cano, E. (2017). Posibilidades de utilización de la Geolocalización y Realidad Aumentada en el ámbito educativo. [Possibilities of using geolocation and augmented reality in education]. *Educación XX1*, 20(2), 319-342, doi: 10.5944/educXX1.10852

RESUMEN

La reciente implantación de las tecnologías portátiles digitales en la sociedad, y especialmente entre los jóvenes, supone un desafío para los docentes, y podría ser una oportunidad para obtener un mayor aprovechamiento académico. Este artículo presenta una investigación sobre el uso educativo de aplicaciones de Geolocalización y Realidad Aumentada con dispositivos digitales móviles en niveles de Enseñanza Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional. Se trata de una investigación para averiguar si es posible emplear estos recursos en los dispositivos móviles del alumnado para obtener un beneficio y mejora educativa. El trabajo se inicia con una revisión de estos desarrollos tecnológicos desde una dimensión formativa. A continuación se realiza un macro estudio descriptivo y cuantitativo entre 1832 alumnos en el que analizamos el tipo de dispositivos que poseen; para posteriormente analizar la opinión del profesorado sobre la funcionalidad y utilidad didáctica de estos desarrollos. Los resultados clarifican la tipología y penetración de los dispositivos entre los tres niveles educativos analizados, y los datos apuntan la posibilidad de implementar estas tecnologías ya que sus equipos disponen de sistemas operativos avanzados y hardware GPS apropiado. Desde la perspectiva docente se pueden superar las reticencias a su uso con la incorporación inicial en tareas fuera del

centro y en actividades no presenciales. Junto a las características de deslocalización espacio/temporal propias del m-learning, surgen rasgos innovadores en la metodología educativa derivados de estrategias que impulsan las relaciones colaborativas, no competitivas. La Realidad Aumentada aparece como elemento con alto poder motivador en las tareas, abre puertas a la exploración autónoma, no lineal, de mundos virtuales que incorporan actualmente un elevado componente sorpresivo para el usuario. Por otro lado la Geolocalización tiene opciones en tareas de exploración del entorno, en la geo-referenciación espacial, y en el seguimiento individualizado de la tarea no presencial.

PALABRAS CLAVE

Aprendizaje autónomo; geolocalización; realidad aumentada; TIC aplicadas a la educación.

ABSTRACT

The recent introduction of digital mobile technologies in society and especially among young people is a challenge for teachers, and it could represent an opportunity for greater academic achievement. This article presents research on the educational use of Geolocation and Augmented Reality applications with mobile digital devices in Secondary Education and Vocational Training educational stages. This investigation tries to find out if it is possible to use these technologies on students' mobile devices to reach a better education. The paper begins with a review of these developments from a formative dimension. Then, a macro descriptive and quantitative study of 1,832 students is developed in order to determine what type of digital devices they have, subsequently teachers' views about functionality and educational value of digital devices are analyzed. The results clarify the type and penetration of these devices in the three educational stages analyzed, and the data suggests the possibility of implementing these technologies as students' devices have advanced operating systems and appropriate GPS hardware. From the teachers' perspective, the reluctance to use these devices can be overcome with an initial integration of tasks outside the school and in non-contact activities. Together with the m-learning characteristics of spatiotemporal delocalization, innovative features arise in educational methodology derived from systems that drive noncompetitive collaborative relationships. Augmented Reality appears as a motivating power element in the educational tasks, opening doors to autonomous, non-linear exploration of virtual worlds that now incorporate a high surprise component for the user. On the other hand, Geolocation serves in the exploration of work environments, geo-spatial referencing, and individualized monitoring of distance tasks.

KEYWORDS

Active learning; m-learning; geolocation; augmented reality; educational technology; computer uses in education.

INTRODUCCIÓN

El alumnado es base y futuro de la ciudadanía que debe aprovechar de forma autónoma las opciones que ofrece la técnica para la gestión y transformación de los flujos de información en conocimiento. El uso extendido de las tecnologías avanzadas y especialmente la difusión universal de dispositivos móviles de comunicación y cómputo definen nuevas formas, tiempos y espacios formativos, y los docentes están obligados a implementar metodologías vinculadas a tales instrumentos (Vázquez-Cano, 2012, p. 2). El aprendizaje apoyado con recursos educativos móviles, m-learning, debe sustentarse tanto en teorías como en estrategias educativas prácticas efectivas y así poder aprovechar nuevas habilidades cognitivas del estudiante (Ramos, *et al.*, 2010, p. 207). Su orientación funcional complementa la vertiente teórica del aprendizaje y se vincula con la eficiencia de los recursos, con la actitud del docente, y especialmente con su formación técnico-didáctica (Cabero, 2014, p. 112).

En la actividad docente, y en el proceso de actualización constante, adquieren cada vez más importancia los planteamientos formativos no presenciales y el uso de herramientas nuevas y versátiles. La dinámica tecnológica incita a incorporar las estrategias sociales de los medios de comunicación en las metodologías educativas, y orientar los esfuerzos para formar un alumnado-ciudadanía capaz de interactuar de forma responsable y por sí solo en los sistemas de información (Holzinger, Nischelwitzer y Meisenberger, 2005).

El m-learning impacta en las metodologías, incide en la forma de realizar explicaciones de conceptos y explorar determinados ámbitos del saber. En educación adquiere especial importancia el componente motivacional, y por ello puede ser relevante el atractivo que provocan estos recursos para el alumnado (Fombona, Goulao y García, 2014, p. 41), así como el clima positivo que mejora las rutinas de aula (Valverde, Fernández y Revuelta, 2013). Estos desarrollos modifican la circunscripción espacio-temporal de las tareas (Dede, 2011, p. 233), y hacen que los escenarios sobre los que se construye el conocimiento no sean específicos y se difuminen, prolongándose a lo largo de la vida y en cualquier espacio, posibilitando los principios de ubicuidad y movilidad. Los lugares educativos se trasladan a un campo virtual de indefinición física y a un entorno dominado por el propio estudiante; estas circunstancias relacionan este trabajo con el aprendizaje informal. En cualquier momento y lugar físico puede ser necesario resolver una cuestión que precise de un acceso a fuentes de información, a flujos de datos que generan nuevas interacciones formativas entre usuarios/alumnos en escenarios distintos a los centros educativos.

En esta línea Järvelä, et al. (2007, p. 77) describen las dificultades para trabajar en múltiples momentos y sitios con los computadores tradicionales, hoy superadas mediante el uso de dispositivos portátiles como los aparatos de telefonía portátil avanzados, denominados smartphones. Dawabi, Wessner y Neuhold (2004, p. 58) definen el potencial de estas tecnologías tanto gestionando datos en red, como en el trabajo autónomo con objetos de aprendizaje, pero también describen algunas de sus limitaciones, como las deficiencias tecnológicas para mantener a sus usuarios conectados en todo lugar y a todo momento o los problemas de la transmisión de documentos de elevado tamaño.

Desde hace tiempo, y las investigaciones nos sugieren que son las personas más jóvenes quienes se adaptan de una forma rápida a estas destrezas, hay descritas varias experiencias de trabajo en la escuela y en diferentes materias (Spikol y Elisasson, 2010). Por ello, parece que este segmento poblacional es más susceptible de desarrollar todo el potencial del m-learning: su interactividad, conectividad y gestión multimedia de datos (Quinn, 2000). Son múltiples las prácticas docentes que abordan los dispositivos móviles orientados a la gestión de mensajes de texto, donde se incluyen preguntas, sugerencias, solicitudes o cualquier otra relación entre alumnado y docentes. Es interesante el trabajo de Lynch, White y Johnson (2010) que analizan la transmisión de información entre estudiantes y cómo prefieren mensajes cortos, evocadores y significativos, emoticonos, palabras clave hipervinculadas con otros contenidos explicativos, y los metadatos. Pero el verdadero potencial de los dispositivos digitales móviles se desarrolla con la sencilla gestión no solo de voz y textos, sino con las operaciones con imágenes en movimiento y documentos considerados hace pocos años como demasiado grandes, el desarrollo de técnicas de compresión de las señales de vídeo ha permitido su manejo en los aparatos portátiles y hace que cada vez más el grueso de la información manipulada por los jóvenes tenga un carácter visual (Cisco, 2013). Sus implicaciones son diversas, de ahí la trascendencia de analizar la tipología de dispositivos que tiene el alumnado y su capacidad de operar con grandes cantidades de datos.

La importancia de los dispositivos móviles también está confirmada por indicadores cuantitativos (Gauntt, 2009) tales como la medida de sus flujos de señales. En este sentido, las operadoras de telefonía canalizan y cuantifican de forma precisa este tráfico y describen su aumento constante (Cisco, 2013). Las dimensiones de este fenómeno y su elevada implantación tiene repercusiones también en el análisis cualitativo ya que esta tecnología puede ofrecer utilidades muy potentes y múltiples opciones de trabajo desde una perspectiva interdisciplinar, tales como los desarrollos específicos de Geolocalización y Realidad Aumentada (RA). En el primer caso se pueden organizar actividades derivadas del posicionamiento geográfico del usuario;

y en el segundo, se puede acceder instantáneamente a informaciones que se superponen a la realidad física que captamos con el dispositivo móvil. Nos centramos en estos dos tipos de aplicaciones por su novedad, fácil acceso a las mismas y su potencial didáctico (Perry, *et al.*, 2008).

LAS TECNOLOGÍAS DE GEOLOCALIZACIÓN Y REALIDAD AUMENTADA

La Geolocalización consiste en la identificación de la posición de un dispositivo móvil en el espacio real. El Sistema de Posicionamiento Global GPS es la forma más común y precisa en que se realiza la localización geográfica, y es capaz de ubicar el aparato con una precisión de unos pocos metros. Entre los trabajos innovadores sobre Geolocalización destaca el proyecto MOTEL (Mobile Technology Enhanced Learning) que desarrolló una infraestructura para relacionar alumnos e investigadores en un entorno móvil geo-referenciado por medio de mensajes, puntos en el espacio y uso de la información generada por los usuarios (Sánchez y Tangney, 2006). Estas técnicas adquieren elevado poder combinadas con la Realidad Aumentada, RA, ya que vincula en tiempo real las imágenes de un lugar con metadatos asociados y almacenados previamente. Un software de RA instalado en el dispositivo móvil es capaz de sumar una parte virtual a la realidad captada. Desde los primeros desarrollos a finales de los años 60 (Sutherland, 1968) son continuas las innovaciones y mejoras realizadas en la tecnología RA (Ihsan, Sehat y Siffat, 2012), con diversas variantes, como la realizadas por Wither, Tasy y Azuma (2011) que logran hacer un seguimiento preciso de la situación del usuario y del entorno que le rodea, bajo un complemento que denominan Realidad Aumentada Indirecta.

Se puede realizar una clasificación básica de estas aplicaciones a partir de los análisis realizados en la última década (Haller, Billinghurst y Thomas, 2006; Hainich, 2006; Azuma, Billinghurst y Klinker, 2011; Bimber, 2012; Fombona, Pascual y Amador, 2012), diferenciando las siguientes 4 tipologías.

Aplicaciones Geoposicionadoras

Estas aplicaciones sitúan al dispositivo con elevada precisión en un lugar geográfico según sus coordenadas terrestres; es la denominada alta localización, «highly localized», «location-specific» (Klopfer y Sheldon, 2010) o aplicaciones basadas en la situación, «place-based» (Squire, 2010). La ubicación del usuario se puede visualizar con una representación a modo de brújula (Figura 1). En ocasiones se combina este dato con su localización en un mapa superpuesto en línea, del tipo Google Maps o almacenado pre-

viamente, lo que permite añadir más información sin conexión real sobre lugares próximos, orientación para la circulación de vehículos, publicidad de establecimientos públicos, etc. red (Morrison, *et al.*, 2011). Este sistema se completa con indicaciones sobre la distancia a un determinado objetivo.



Figura 1. Aplicación de posicionamiento del usuario por coordenadas y puntos cardinales en dispositivo Iphone. Fuente: Elaboración propia

Los datos derivados del posicionamiento GPS no precisan de conexión con la red Internet, siendo posible la Geolocalización siempre que el dispositivo no se oculte al campo de cobertura de los satélites geoestacionarios (Ababsa, *et al.*, 2012). Actualmente, esta limitación es habitual cuando el usuario está dentro de espacios cerrados tales como edificios y puede superarse al unir la técnica GPS con la localización por coordenadas IP de conexión a Internet, o por las distancias a los emisores WIFI. En este sentido hay diversos procedimientos habituales para geo-referenciar a la persona, similares a las «cookies» que identifican los hábitos del usuario y es común la solicitud del dato de compartir la ubicación del equipo para situarse en un lugar dentro de las redes.

Aplicaciones de Realidad Aumentada (RA)

Son gestores que superponen datos y/o los mueven de forma solidaria con una figura captada por la cámara del dispositivo móvil. Una imagen, patrón o código reconocible (QR-Code Embed) predefinidos, suelen servir como resortes digitales para lanzar y añadir esos datos o mensajes digitales, que por otra parte pueden estar previamente almacenados o ser el resultado de un enlace en tiempo real con sitios web. Esto permite mezclar informaciones sobre una imagen, y por ejemplo, posibilita la manipulación sobre

partes ocultas en un aparato y que visualizamos/recreamos en la pantalla del equipo. Estas acciones son independientes de la posición geográfica, Klopfer (2008) las denomina «lightly localized» o «place-agnostic». Las aplicaciones han mostrado su eficacia en distintos entornos (Zhu, Ong y Nee, 2015), tales como el diseño, la arquitectura, las reparaciones y mantenimiento de equipos avanzados, construcción (Kock, et al., 2014), medicina (Cabrilo, *et al.*, 2014), anatomía, química, geografía (Johnson, *et al.*, 2011), entre otros. En el ámbito comercial son relevantes los desarrollos de empresas para mostrar otros datos virtuales sobre sus productos reales a partir de un gráfico/patrón que lanza estas referencias. Están muy desarrollados los videojuegos que utilizan RA para crear una interacción con los movimientos del dispositivo del usuario. Estos escenarios apuntan a una estrecha relación entre el marketing y la RA, así como a los intereses económicos generados en los mercados que realimentan su propio desarrollo e impulsan estas técnicas (Liao, 2015).

Algunas aplicaciones miden los tamaños de las figuras captadas por la cámara del dispositivo; por ejemplo, son interesantes los trabajos de análisis geométrico de Kimer, Reis y Kimer (2012) y los desarrollos de software educativo tales como «Augmesure», que permite hacer mediciones simples de distancias entre objetos filmados. En la Figura 2, observamos los resultados de superponer informaciones para el cálculo del área y el volumen de una torre a modo de figura geométrica captada y reconocida por el software como un cilindro. Actualmente hay varias herramientas para la creación de utilidades en base a esta tecnología tanto en 2D como 3D, que permiten superponer a la imagen captada por la cámara de manera sencilla, textos y formas básicas.

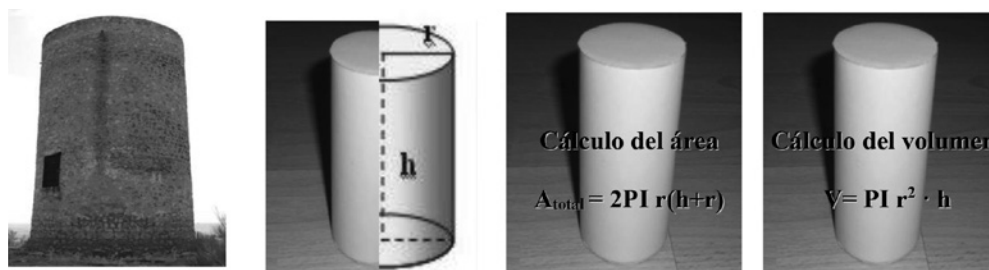


Figura 2. Superposición de procedimientos de cálculo sobre una figura captada por el dispositivo móvil. Fuente: Elaboración propia

Actualmente empiezan a trasladarse experiencias a distintas áreas educativas y la RA ya se incorpora en algunos textos educativos para visualizar figuras en varias dimensiones u ofrecer otros mensajes para ampliar contenidos (Ha, Lee y Woo, 2011). Investigadores como Borrero y Márquez (2012) usan la ilustración en tres dimensiones RA en los laboratorios de ingeniería. En un nivel más elemental y lúdico Chen y Tsay (2012) trabajan con estas técnicas en las escuelas elementales. Y otros casos como Enyedy, *et al.* (2012)

plantean la RA en la enseñanza de la física como un juego, y Hsiao, Chen y Huang (2012) la incorporan en el ejercicio físico en los jóvenes, etc.

La recreación de figuras que surgen sobre determinadas imágenes y se mueven de forma solidaria con el dispositivo móvil que las capta, posibilita la manipulación virtual de nuevos objetos de aprendizaje. Este fenómeno de inmersión o convivencia con la virtualidad crea un nuevo rol en el alumno que es invitado a tener una experiencia personal y vivir los problemas (Squire, 2010), y que Kamarainen *et al.* (2012) asemejan a verdaderas prácticas científicas. En la formación profesional, la virtualización que genera la RA ofrece de una forma segura contenidos que en el contacto real podrían poner en riesgo a los estudiantes, y posibilita la manipulación virtual de máquinas complejas (Henderson y Feiner, 2011).

Aplicaciones de Realidad Aumentada Geolocalizada

Esta categoría agrupa los dos desarrollos anteriores, generando una interacción entre la posición geográfica del dispositivo y determinados objetos captados (Figura 3). Su funcionamiento debe cumplir dos requisitos: estar en un espacio geolocalizado con cobertura GPS o similar, y que sea reconocible la figura patrón ubicada para que se dispare la información RA de forma automática (Kerr, *et al.*, 2011). Esta utilidad tiene amplia difusión con la combinación de cartografías que posicionan al usuario, superponiendo en tiempo real otra información digital geo-referenciada sobre la imagen recogida por la cámara, «overhead & live view». En esta línea Langlotz, *et al.* (2012) trabajan para situar e interactuar con las imágenes captadas de la realidad, y lograr luego reconocer y diferenciar distintas marcas y lugares.

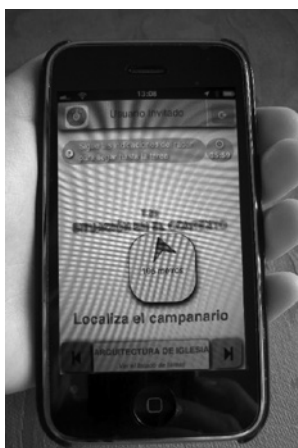


Figura 3. Aplicación de posicionamiento que va suministrando información con relación a un objetivo marcado. Fuente: Software de elaboración propia

Aplicaciones de Realidad Aumentada con enlaces a Internet

En esta opción los objetos son reconocidos por el dispositivo y comparados instantáneamente con patrones o referencias de Internet (Figura 4) (Chen, Tseng y Peng, 2013). Estos desarrollos se orientan especialmente a las conexiones con las redes sociales (Facebook, Twitter, etc.) como un escenario sobre el que buscar, reconocer y representar a personas por determinados rasgos registrados en la web. Esto posibilitará que en un futuro cercano podamos captar un rostro con el dispositivo móvil y obtener de inmediato todos los datos correspondientes a esa persona (Park, 2011).

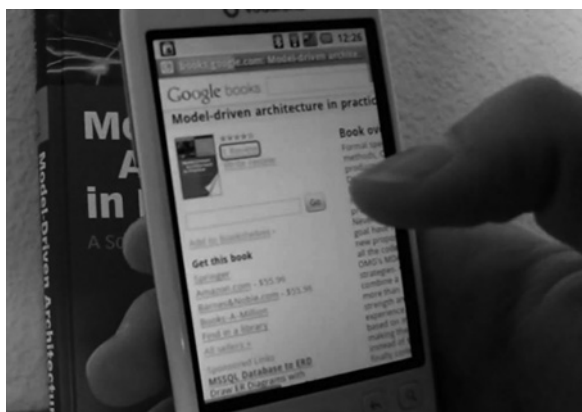


Figura 4. Reconocimiento de un libro y exploración del contenido en Internet por Google Goggles. Fuente: Google Goggles

MÉTODO

La oferta tecnológica descrita es un desafío sobre el que cabe preguntarse en qué medida es compatible e interesante su introducción en el ámbito didáctico. Por ello, por un lado se ha planteado un análisis de las opciones y compatibilidad con los equipos que tiene habitualmente el alumnado, y desde la perspectiva docente se intentan conocer las posibilidades de este fenómeno. El trabajo que se presenta es parte de un proyecto que estudia y desarrolla nuevas aplicaciones de los recursos digitales portátiles y las microcomputadoras, como apoyo a la acción educativa. Esta investigación se realiza con la participación de varias instituciones de formación no presencial, (Universidad Guillermo Marconi de Roma, Universidad Abierta de Lisboa, UNED) y la Universidad de Oviedo que coordina los trabajos, y que implementa desde el año 2011 cuatro proyectos de innovación relacionados, con la colaboración de la Consejería de Educación, Cultura y Deporte del Principado de Asturias.

El proceso de investigación parte de la realización de un estudio descriptivo de los últimos trabajos que abordan la introducción de los dispositivos móviles y estas técnicas en el ámbito educativo. A partir de esta contextualización, se pretende cuantificar y describir la tipología de dispositivos que tiene el alumnado, y analizar la apreciación del profesorado sobre el uso didáctico con base en la Geolocalización y RA, valorando las opciones que podrían tener estos recursos en la actividad educativa.

Para llevar a cabo la medición se consideró una muestra de alumnado de 11 centros de enseñanzas medias en Asturias, España, divididos en tres grupos:

- 573 estudiantes de Enseñanza Secundaria Obligatoria de edades entre 12 y 16 años,
- 1037 de Bachiller de edades entre 17 y 18 años,
- 258 de Formación Profesional en sus tres niveles: Cualificación Profesional Inicial con edades entre 12 y 16 años, Grado Medio, edades 16 a 18 años y Grado Superior de 18 a 22 años.

Como instrumento se construyó un cuestionario de respuesta anónima con una elección de 8 ítems categorizados según el mapa de dispositivos y aplicaciones más habituales en el contexto digital móvil español (CISCO, 2013) atendiendo a las siguientes variables que condicionan la posibilidad de uso de la RA: dispositivos móviles sin sistema operativo, dispositivos con sistema operativo (SO) Android, dispositivos Blackberry, dispositivos Iphone, dispositivos con sistema SO. Android y GPS integrado, dispositivos Blackberry con GPS integrado, dispositivos Iphone con GPS integrado, dispositivo tableta o gestores multimedia con GPS integrado. El tratamiento de este cuestionario se realizó a partir de un análisis descriptivo cuantitativo que permitiera observar la variabilidad del tipo de dispositivo.

Este cuestionario se complementó con otro destinado al profesorado de los mismos centros educativos de enseñanzas medias de Asturias para que valoraran la funcionalidad educativa de cuatro dimensiones relacionadas con las aplicaciones de Geolocalización y Realidad Aumentada. Son las siguientes, Aplicaciones Geoposicionadoras AG, Realidad Aumentada RA, Realidad Aumentada Geolocalizada RG, y Realidad Aumentada con enlaces a Internet RAI. Este segundo cuestionario contenía 22 ítems, 2 de ellos identificaban la especialidad y nombre del centro en el que el profesor/a impartía docencia. Los 20 ítems restantes estaban distribuidos en cada una

de las cuatro dimensiones de la Realidad Aumentada (AG, RA, RAI, RG) y medían su incidencia en la funcionalidad didáctica con respecto a cinco rasgos: actividades de desarrollo de competencias, actividades para desarrollo de contenidos, actividades en salidas de campo, actividades orientadas al trabajo por proyectos, y actividades centradas en el trabajo colaborativo. Se contestó a través de la aplicación digital «Google Drive» por un total de 92 profesores; de los cuales 62 docentes impartían docencia en la etapa de Enseñanza Secundaria y Bachillerato con una media de edad de 38 años y 30 docentes en Formación Profesional con una media de edad de 41 años. El cuestionario estaba organizado en una escala Likert de 1-5 (1: Totalmente en desacuerdo, 2: En desacuerdo, 3: Indiferente, 4: De acuerdo, 5: Totalmente de acuerdo). Para el análisis de la fiabilidad de este cuestionario y el posterior procesamiento estadístico de los resultados, hemos empleado el programa Factor 9, desarrollado en la Universidad Rovira i Virgili de Tarragona, que está especialmente indicado para el análisis de variables ordinales con distribuciones asimétricas o con excesiva kurtosis (Lorenzo-Seva y Ferrando, 2006; Lorenzo-Seva y Rodríguez-Fornells, 2006).

La fiabilidad del cuestionario fue adecuada según se puede comprobar en los resultados de la matriz de correlaciones (Tabla 1).

Tabla 1
Adecuación de la Matriz de Correlaciones

Determinante de la matriz	0.000000045
Estadístico de Bartlett	5271.1 (gl = 401; P = 0.000010)
Prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	0.755

RESULTADOS

Datos del alumnado sobre sus dispositivos móviles

Los datos recogidos entre el alumnado de los distintos niveles educativos de Enseñanza Secundaria Obligatoria y Bachiller (Tabla 2) son bastante similares e indican el tipo de dispositivo comúnmente utilizado por los estudiantes de edades comprendidas entre los 12 y 18 años. Aunque las muestras son diferentes en ambos casos, los resultados mantienen una coherencia entre las tendencias en todas las cuestiones cuantificadas. Es importante destacar la ausencia de respuestas erróneas o datos significativos fuera de los ítems ofrecidos, lo que sugiere que estos son los recursos que tienen estas personas y que están representados todos los equipos que pudieran tener como usuarios.

Tabla 2
Implantación de dispositivos móviles en el alumnado de ESO y Bachiller

Dispositivo	ESO		Bachiller	
	N.º	%	N.º	%
Total de estudiantes ESO y Bachiller	573	100	1037	100
Cantidad de jóvenes con dispositivo móvil	546	95,3	979	94,4
Dispositivos móviles sin sistema operativo	98	17,1	223	21,5
Dispositivos con sistema operativo Android	200	34,9	409	39,4
Dispositivos Blackberry	157	27,4	278	26,8
Dispositivos Iphone	44	7,7	53	5,1
Dispositivos con sistema operativo Android y GPS integrado	187	32,6	279	26,9
Dispositivos Blackberry con GPS integrado	67	11,7	132	12,7
Dispositivos Iphone con GPS integrado	39	6,8	46	4,4
Dispositivo tableta o gestores multimedia con GPS integrado	95	16,6	200	19,3

En la Tabla 3 se describe la situación en un segmento de alumnado que se podría plantear como diferenciado, dado que los estudiantes de Formación Profesional son personas que tienen una mayor precisión a la hora de concretar sus perspectivas laborales y más interés en el manejo de herramientas e instrumentos válidos para su profesión. De hecho algunas especialidades trabajan específicamente en el desarrollo de programas y software para estos equipos.

Tabla 3
Implantación de dispositivos móviles en el alumnado de Formación Profesional

Dispositivo	Formación Profesional	
	N	%
Total de estudiantes FP	258	100
Cantidad de jóvenes con dispositivo móvil	255	98,8
Dispositivos móviles sin sistema operativo	33	12,7
Dispositivos con sistema operativo Android	147	57,0
Dispositivos Blackberry	445	17,4
Dispositivos Iphone	21	8,1
Dispositivos con sistema operativo Android y GPS integrado	129	50,0
Dispositivos Blackberry con GPS integrado	31	12,0
Dispositivos Iphone con GPS integrado	31	12,0
Dispositivo tableta o gestores multimedia con GPS integrado	40	15,5

Las muestras en los niveles educativos de ESO y Bachiller tienen unas edades definidas con bastante precisión, pero en el caso de la Formación Profesional la variedad de las edades en los estudiantes nos obliga a realizar una clasificación específica para verificar si existen diferencias significativas entre los niveles de implantación y tipología de dispositivos en los alumnos más jóvenes de los Programas de Cualificación Profesional Inicial, los de Formación Profesional de Grado Medio y los de Formación Profesional de Grado Superior, nivel de enseñanza post-obligatoria donde el alumnado puede tener una edad más avanzada (Tabla 4).

Tabla 4
Implantación de dispositivos móviles en el alumnado de Formación Profesional

Dispositivo	Programa Cualificación Profesional		Grado Medio		Grado Superior	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%
Total de estudiantes FP	53	100	139	100	66	100
Cantidad de jóvenes con dispositivo móvil	50	94,3	139	100	66	100
Dispositivos móviles sin sistema operativo (SO)	5	9,4	19	13,7	9	13,6
Dispositivos con sistema operativo Android	22	41,5	86	61,8	46	69,7
Dispositivos Blackberry	10	18,9	30	21,6	5	7,6
Dispositivos Iphone	1	1,9	15	10,7	5	7,6
Dispositivos con SO Android y GPS integrado	15	28,3	74	53,2	33	50,0
Dispositivos Blackberry con GPS integrado	6	11,3	22	15,8	3	4,5
Dispositivos Iphone con GPS integrado	1	1,9	25	18,0	5	7,6
Dispositivo tableta o gestores multimedia con GPS	12	22,6	20	14,4	8	12,1

En un análisis más preciso de los datos se pueden observar en primer lugar los elevados niveles de penetración de estos dispositivos en todas las muestras analizadas, alcanzando valores siempre superiores al 94 %. También es importante destacar que en algunos casos los estudiantes manifestaron tener varios dispositivos simultáneamente; por ello, los datos no son complementarios entre sí. Esto es bastante común con las personas que indicaron poseer tabletas de cómputo y gestores multimedia como el tipo Ipad, que oscilan entre el 22,65 % de los casos en Formación Profesional Inicial y el 12,1 % en Grado Superior.

La mayoría de los aparatos tienen sistema operativo (Android, iOS, OS) pero parece que aumenta con el nivel educativo el número de usuarios

de dispositivos sin sistema operativo, llegando al 21 % entre el alumnado de Bachillerato. Por el contrario en la Formación Profesional y específicamente en los Programas de Cualificación Profesional, el nivel de penetración de los teléfonos sencillos, sin sistema operativo, desciende al 9,4 %. Esto es, el 72,9 % de los alumnos de Bachiller tienen teléfono móvil avanzado, Smartphone, mientras que en el nivel inicial de Formación Profesional esta cantidad aumenta hasta el 85 %.

Es significativo que la tipología de los equipos que tiene el alumnado no se corresponde con una proporción equilibrada entre los distintos dispositivos, como apuntan algunas investigaciones (Thumer y Chalfey, 2013), sino que los Smartphones basados en el sistema Android oscilan en un uso del 34 % al 69 %, los equipos basados en Blackberry oscilan entre el 7 y el 27,4 %, y los Iphone entre el 1,9 % y 10,7 %.

Un sub-objetivo consistía en averiguar la proporción de estudiantes que tenían dispositivos avanzados con hardware ya que con estas condiciones sería factible implementar aplicaciones de Geolocalización y Realidad Aumentada. Los resultados revelan que un 67,7 % de los casos medidos en la ESO podrían trabajar con estas tecnologías, un 63,3 % en Bachiller, pero en Formación Profesional esta proporción sube hasta el 89,5 %.

Datos en el profesorado sobre la funcionalidad educativa de estas aplicaciones

Los datos cuantitativos-descriptivos del alumnado fueron complementados con la opinión del profesorado sobre la funcionalidad educativa de las cuatro macro-categorías del cuestionario sobre Geolocalización y Realidad Aumentada. La varianza total explicada muestra que existen cuatro factores con autovalores por encima de 1 y que representan un 66,415 % de la varianza total explicada.

Tabla 5
Varianza explicada basada en los autovalores

Variable	Autovalor	% de varianza	% de Varianza acumulada
1	8.03601	27,01	27,010
2	6.09591	17,701	44,711
3	4.18633	12,1	56,811
4	2.51314	9,604	66,415

A continuación, se realizó una rotación oblicua de factores ya que este tipo de rotación nos permite una mejor aproximación a las relaciones entre factores. La matriz de pesos factoriales rotados resultante presenta solo aquellos resultados por encima de 0.30.

Tabla 6
Matriz de pesos factoriales rotados

Variable	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4
AG Competencias	0.878	0.656	0.512	0.613
AG Contenidos				
AG Salidas de campo				
AG Trabajo Proyectos				
AG Trabajo Colaborativo	0.634	0.610	0.881	0.878
RA Competencias				
RA Contenidos				
RA Salidas de campo				
RA Trabajo Proyectos	0.756	0.776	0.921	0.501
RA Trabajo Colaborativo				
RAI Competencias				
RAI Contenidos				
RAI Salidas de campo	0.811	0.901	0.592	0.568
RAI Trabajo Proyectos				
RAI Trabajo Colaborativo				
RG Competencias				
RG Contenidos				
RG Salidas de campo				
RG Trabajo Proyectos				
RG Trabajo Colaborativo				

Los factores resultantes conforme a los pesos factoriales rotados se pueden interpretar de la siguiente manera:

- Factor 1. Actividades en salidas de campo: Las Aplicaciones Geoposicionadoras (AG: 0.878) y con Realidad Aumentada Geolocalizada (RG: 0.811) muestran resultados significativos para la mejora y el desarrollo de las salidas de campo.
- Factor 2. Actividades de trabajo colaborativo: El trabajo colaborativo es el segundo factor en peso factorial. Los cuatro tipos de aplicaciones muestran resultados significativos para el desarrollo del

trabajo colaborativo entre el alumnado; especialmente relevante resulta la Realidad Aumentada Geocalizada (RG: 0.901).

- Factor 3. Actividades de trabajo por proyectos. Para el desarrollo de procesos didácticos basados en proyectos, las aplicaciones de Realidad Aumentada (RA: 0,881) y la Realidad Aumentada con enlaces a Internet (RAI: 0.921) muestran una aplicabilidad más alta entre el profesorado de las tres etapas educativas.
- Factor 4. Actividades para el desarrollo de contenidos. Para el desarrollo de determinados contenidos curriculares en los que la aproximación teórica no es suficiente, el profesorado considera más funcional el empleo de la Realidad Aumentada (RA: 0,878).

Las actividades basadas en competencias resultaron no significativas en las tres etapas educativas con valores por debajo de 0.30. Asimismo, incluimos la matriz que indica la intensidad de la relación (correlación) existente entre los factores que hemos obtenido y la independencia entre los conceptos que representan. Cuanto más independientes, los conceptos de los que hablan serán más aislados entre sí y mejor definidos los grupos a los que clasifican. En este caso, las correlaciones entre cada factor son muy bajas. Solo una es superior a 0.30 (entre F3 y F4).

Tabla 7
Matriz de Correlaciones inter factorial

Factor	F1	F2	F3	F4
F1	1.000			
F2	0.471	1.000		
F3	-0.003	0.085	1.000	
F4	0.041	0.075	0.363	1.000

DISCUSIÓN Y PROPUESTAS

Aunque las tendencias sugieren la necesaria incorporación de estas nuevas tecnologías móviles en las metodologías educativas, es conocida la reticencia a incorporar dispositivos móviles en la actividad docente, dadas las desviaciones e interferencias que se producen en las tareas estrictas, y esto es una obstáculo ante el potencial de relación con el contexto (Dunleavy, 2010). Los datos demuestran que el alumnado dispone de estos recursos avanzados y se podrían aprovechar sus posibilidades no solo en actividades de interacción directa con el docente y en tareas dentro del centro educativo,

sino también fuera del centro y en actividades no presenciales. En este sentido, la valoración del profesorado muestra que las actividades realizadas en salidas de campo se ven potenciadas con Aplicaciones Geoposicionadoras (AG: 0.878) y con la Realidad Aumentada Geolocalizada (RG: 0.811). El trabajo colaborativo se ve mejorado especialmente con la Realidad Aumentada Geolocalizada (RG: 0.901). Asimismo, los procesos didácticos basados en proyectos se enriquecen con las aplicaciones de Realidad Aumentada (RA: 0,881) y la Realidad Aumentada con enlaces a Internet (RAI: 0.921) y algunos contenidos curriculares en los que la aproximación teórica no es suficiente, el profesorado considera más funcional el empleo de la Realidad Aumentada (RA: 0,878). Estos resultados son altamente positivos por la posibilidad de fomentar un trabajo interactivo y colaborativo entre el alumnado y posicionarle ante realidades virtuales que complementan los aspectos teóricos de las materias dentro y fuera del aula; lo que entronca directamente con la filosofía de trabajo competencial necesaria en estos periodos educativos.

Desde la perspectiva del enseñante este tipo de cuantificaciones tiene especial trascendencia ya que dan pautas para la inserción de estas tecnologías en las distintas áreas (Van Krevelen y Poelman, 2010). En la investigación las aportaciones han surgido desde diferentes áreas, esto conecta con la idea sobre la RA indicada en muchos ámbitos, y compartimos con Kaufmann, Schmalstieg y Wagner (2000) que esta técnica viene a apoyar la explicación de contenidos complejos propios de las matemáticas y geometría, por ejemplo a través de mediciones virtuales (Figura 2). No obstante destacamos la novedad y el enriquecimiento instrumental en las tareas en general, que implica el trabajo sobre contenidos reales con la información virtual superpuesta, y que ya tiene uso directo en campos vitales para el desarrollo como la telemedicina (Bifulco, et al., 2014). Esta técnica también parece ser útil cuando se requiere una interacción con usuarios que desconocen un determinado aspecto, así Zhu *et al.* (2014) destacan cómo las aplicaciones RA pueden ofrecer un apoyo valioso incluso con personas no preparadas previamente, observando y respetando los protocolos de funcionamiento.

Por otro lado, la Geolocalización aparece como una herramienta poderosa de interacción y observación analítica del medio ambiente, especialmente adecuada en las excursiones con estudiantes, donde puede ser tanto un recurso de ayuda como de control del alumnado en un espacio indefinido. En esta línea se puede diseñar la actividad previzualizándola en una cartografía o en una referencia realista de Internet como puede ser la ofrecida por Google Maps, y planificar las actividades posicionándolas geográficamente e incluso viendo los sitios a través de aplicaciones como «Street View» antes de visitar ese lugar concreto. Posteriormente, los estudiantes con el dispositivo móvil irán localizando los lugares propuestos ayudados por la orientación del GPS del dispositivo y la indicación de las coordenadas

geográficas del lugar y el sentido hacia el cual deben de avanzar en búsqueda de la tarea específica.

Desde la perspectiva del alumnado, coincidimos con Billingham y Dunser (2012) y tanto sobre la ESO, Bachiller, como FP, parece que estos medios son utilizados por todos los alumnos, no solo para funciones comunicativas, sino también para escuchar música, realizar grabaciones de vídeo y audio, conectarse a Internet y un largo repertorio de usos, siendo la utilización específicamente educativa muy reducida o casi nula. Los resultados han verificado elevada la presencia de los dispositivos avanzados con sistema operativo integrado y con tecnología GPS, esto abre las posibilidades de uso de las aplicaciones avanzadas planteadas, lo que viene a añadirse a las opciones de relación colaborativa que ya están establecidas (Henrysson, Billingham y Ollila, 2005). Con respecto a esto, la forma autónoma de explorar la RA parece que reduce la competencia entre los estudiantes para superar a sus compañeros y ser los primeros en terminar las tareas (Klopfer y Squire, 2008; Dunleavy, *et al.*, 2009). La sucesión de actividades no lineales se desencadenan según los alumnos exploran y descubren las figuras digitales, organizando su propia ruta, su velocidad y sin verse a sí mismos por delante o detrás de sus compañeros (O'Shea, *et al.*, 2009).

Compartimos con Lindiger *et al.* (2006) que el acercamiento a la realidad de los útiles que usa el alumnado debe hacerse compartiendo la perspectiva lúdica que rodea estas herramientas, creando una dinámica de educación y diversión.

CONCLUSIONES

Es obvia la necesidad de ir encontrando aplicabilidad educativa a estos dispositivos dado su potencial y elevado nivel de penetración en la sociedad. Son conocidos algunos de sus rasgos que potencian su ubicuidad, portabilidad y funcionalidad de uso, y que posibilitan que el usuario explore determinados ámbitos del conocimiento fuera de los tiempos y lugares formativos tradicionales. Derivado del análisis del estado de la cuestión y del estudio de los equipos que tiene el alumnado, se han planteado unas directrices para trabajar en conjunción con el software existente de Geolocalización y Realidad Aumentada. La investigación ha cuantificado estas opciones, determinando que el alumnado posee equipos susceptibles de realizar tareas apoyadas con los desarrollos de Realidad Aumentada, ya que más del 80 % de sus equipos disponen de sistema operativo Android, lo que permite la implementación de esta técnica. Por otro lado se ha verificado que más del 60 % de sus dispositivos tienen GPS integrado, lo que les hace susceptibles de realizar tareas de Geolocalización.

Las actividades pueden involucrar de forma similar a los niveles educativos analizados y la variedad tipológica de dispositivos descrita, pudiendo ser implementadas tanto en los equipos más sencillos como en los más avanzados, esto es, en aparatos con sistema operativo susceptible de implementar el software específico para aparatos móviles, Apps. En todos los casos es posible aprovechar las opciones de gestión de imágenes, envío de datos y mensajes a partir de determinados objetos, y otras operaciones comúnmente realizadas por el alumnado. La Geolocalización y Realidad Aumentada también vienen a enriquecer aspectos motivacionales, colaborativos de las tareas, así como dando opciones de seguimiento y control del usuario. Desde el ámbito docente se pueden tomar como referentes estas aplicaciones en otros ámbitos, como los videojuegos, en la conducción de vehículos, en el mantenimiento de máquinas sofisticadas, en la traducción idiomática o en la ilustración virtual de libros, donde los materiales se convierten en elementos interactivos capaces de reproducir mensajes explicativos de alguno de sus contenidos.

La alta penetración de los dispositivos digitales móviles entre el alumnado se complementa con la valoración del profesorado sobre la funcionalidad didáctica de estas aplicaciones al permitir el desarrollo de prácticas educativas nuevas, desarrollando las capacidades de percepción interactiva y la concepción geográfico-espacial. Otra característica específica destacada es el atractivo que representa el uso de estos instrumentos para los jóvenes, lo que implica un factor motivacional en las tareas que anima a explorar la realidad, el entorno, de una forma no lineal, autónoma. También evitan las dinámicas competitivas y favoreciendo las relaciones cooperativas propias en un sistema cuya función inicial en estos dispositivos móviles era comunicativa.

Es necesario que la comunidad académica también explore las opciones y utilidades de estas técnicas como complemento al uso de los recursos tradicionales y como elemento innovador en las metodologías, ya que posibilitan la creación de nuevos ambientes de aprendizaje adecuados a los diferentes estilos, momentos y lugares de estudio del alumnado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ababsa, F., Zendjebil, I., Didier, J., Poudoux, J. & Vairon, J. (2012). Outdoor Augmented Reality system for geological applications. *2012 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)* Kaohsiung, Taiwan, 416-421.
- Azuma, R., Billinghurst, M. y Klinker, G. (2011). Special section on mobile augmented reality. *Computers y graphics-uk*, 35(4), VI-VIII.
- Bifulco, P., Narducci, F., Vertucci, R., Ambruosi, P., Cesarelli, M. & Romano, M. (2014). Telemedicine supported by Augmented Reality: an interactive guide for untrained people in performing an ECG test. *Biomedical Engineering Online*. 13.
- Billinghurst, M. & Dunser, A. (2012). Augmented Reality in the classroom. *Computer*, 45(7), 56-63.
- Bimber, O. (2012). What's real about augmented reality? *Computer*, 45(7), 24-25.
- Borrero, A. & Márquez, J. (2012). A pilot study of the effectiveness of Augmented Reality to enhance the use of remote labs in electrical engineering education. *Journal of science education and technology*, 21(5), 540-557.
- Cabero, J. (2014). Formación del profesorado universitario en TIC. Aplicación del método Delphi para la selección de los contenidos formativos. *Educación XX1*, 17(1), 111-132.
- Cabrilo, I., Sarrafzadeh, A., Bijlenga, P., Landis, B. & Schaller, K. (2014). Augmented reality assisted skull base surgery. *Neuro-Chirurgie*, 60(6), 304-6.
- Chen, C. & Tsay, Y. (2012). Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools. *Computers y Education*, 59(2), 638-652.
- Chen, L., Tseng, Ch. & Peng, Y. (2013). *Recognition system based on Augmented Reality and remote computing and related method thereof*. United States, Patent Application 20130011009.
- CISCO (2013). *Connected World Technology Report*. San Jose: EE. UU. Recuperado de <http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns1120/index.html>
- Dawabi, P., Wessner, M. y Neuhold, E. (2004) *Using mobile devices for the classroom of the future*. En *Learning with mobile devices research and development*. Attawell, J. y Savill-Smith C. 55-59.
- Dede, C. (2011). Developing a research agenda for educational games and simulations. *Computer games and instruction*, 233-250. Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- Dunleavy, M. (2010). Persistent Design Challenges: Augmenting Reality for Learning with Wireless Mobile Devices. En *Symposia at Society for Information Technology and Teacher Education (SITE)*. San Diego, CA.
- Dunleavy, M., Dede, C. & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7-22.
- Enyedy, N., Danish, J., Delacruz, G. & Kumar, M. (2012). Learning physics through play in an augmented reality environment. *International journal of computer-supported collaborative learning*, 7(3), 347-378.
- Fombona, J., Goulao, M. de F. y García, M. (2014). Melhorar a atratividade da informação a través do uso da Realidade. *Perspectivas em Ciencia da Informacao*, 19(1), 37-50

- Fombona, J., Pascual, A. y Amador, F. (2012). Realidad Aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *PixelBit*, 41, 197-210.
- Gauntt, J. (2009). *The world is the desktop: Mobile augmented reality*. Giga Omni Media.
- Ha, T., Lee, Y. & Woo, W. (2011). Digilog book for temple bell tolling experience based on interactive augmented reality. *Virtual Reality*, 15(4), 295-309.
- Hainich, R. (2006). *El fin de Hardware: Un nuevo enfoque a la realidad aumentada*, Charleston: Booksurge.
- Haller, M., Billinghamurst, M. y Thomas, B. (2006). *Tecnologías emergentes de la realidad aumentada: interfaces y diseño*. Hersey: Idea Group Publishing.
- Henderson, S. & Feiner, S. (2011). Exploring the benefits of augmented reality documentation for maintenance and repair. *Visualization Computer Graphics, IEEE Transactions*, 17(10), 1355-1368.
- Henrysson, A., Billinghamurst, M. & Ollila, M. (2005). Face to face collaborative AR on mobile phones. En *ISMAR'05: Proc. 4 th Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality*, Vienna, Austria, (pp. 80-89), IEEE CS Press.
- Holzinger, A., Nischelwitzer, A. & Meisenberger, M. (2005). Lifelong-learning support by m-learning: example scenarios. *ACM eLearn Magazine*, 5.
- Hsiao, K., Chen, N. & Huang, S. (2012). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive learning environments*, 20(4), 331-349.
- Ihsan, R., Sehat, U. & Siffat, U. (2012). Augmented Reality Tracking Techniques: A Systematic Literature. *Journal of Computer Engineering*, 2(2), 23-29.
- Järvelä, S., Näykki, P., Laru, J. & Luokkanen, T. (2007). Structuring and regulating collaborative learning in higher education with wireless networks and mobile tools. *Educational Technology y Society*, 10(4), 71-79.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A. & Haywood, K. (2011). *The 2011 Horizon Report*. The New Media Consortium. Recuperado de <https://goo.gl/2luEXJ>
- Kamarainen, A., Metcalf, S., Grotzer, T., Browne, A., Mazzuca, D., Tutweiler, M. S. & Dede, C. (2012). Ecomobile: Integrating augmented reality and probe ware with environmental education field trips. *Computers & Education*, 68, 545-556.
- Kaufmann, H., Schmalstieg, D. & Wagner, M. (2000). Construct3D: A virtual reality application for mathematics and geometry education. *Education and Information Technologies*, 5(4), 263-276.
- Kerr, S., Rice, M., Teo, Y., Wan, M., Ling, Y., Jamie, N., Thamrin, L., Thura-Myo, T. & Wren, D. (2011). Wearable mobile augmented reality: evaluating outdoor user experience. En *Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Reality Continuum and Its Applications in Industry*. (pp. 209-216). New York: ACM.
- Kimer, T., Reis, F. & Kimer, C. (2012). Development of an interactive book with augmented reality for teaching and learning geometric shapes. *Sistemas y tecnologías de informacion*, 1, 229-234.
- Klopfer, E. (2008). *Augmented learning*. Cambridge, MA: MIT press.
- Klopfer, E. & Sheldon, J. (2010). Augmenting your own reality: Student authoring of science-based augmented reality games. *New Directions for Youth Development*, 128, 85-94.

- Klopfer, E. & Squire, K. (2008). Environmental Detectives - the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.
- Koch, C., Neges, M., König, M. & Abramovici, M. (2014). Natural markers for augmented reality-based indoor navigation and facility maintenance. *Automation in Construction*, 48, 18-30.
- Langlotz, T., Degendorfer, C., Mulloni, A., Schall, G., Reitmayr, G. & Schmaltstieg, D. (2011). Robust detection and tracking of annotations for outdoor Augmented Reality browsing. *Computers y Graphics*, 35(4), 831-840.
- Langlotz, T., Mooslechner, S., Zollmann, S., Degendorfer, C., Reitmayr, G. & Schmalstieg, D. (2012). Sketching up the world: in situ authoring for mobile Augmented Reality. *Personal and ubiquitous computing*, 16(6), 623-630.
- Liao, T. (2015). Augmented or admented reality? The influence of marketing on augmented reality technologies. *Information Communication & Society*, 18(3), 310-326.
- Lindinger, C., Haring, R., Hörtner, H., Kuka, D. & Kato, H. (2006). Multiuser mixed reality system Gulliver's World: a case study on collaborative edutainment at the intersection of material and virtual worlds. *Virtual Reality*, 10 (2), 109-118.
- Lorenzo-Seva, U. & Ferrando, P. (2006). FACTOR: A computer program to fit the exploratory factor analysis model. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*, 38(1), 88-91.
- Lorenzo-Seva, U. & Rodríguez-Fornells, A. (2006). Acquiescent responding in balanced multidimensional scales and exploratory factor analysis. *Psychometrika*, 71(4), 769-777.
- Lynch, K., White, R. & Johnson, Z. (2010). *Pushing content to mobile phones: what do students want?* New York: Nr Reading Academic Conferences.
- Morrison, A., Mulloni, A., Lemmela, S., Oulasvirta, A., Jacucci, G., Peltonen, P., Schmalstieg, D. & Regenbrecht, H., (2011). Collaborative use of mobile Augmented Reality with paper maps. *Computers y Graphics*, 35(4), 789-799.
- O'Shea, P., Mitchell, R., Johnston, C. & Dede, C. (2009). Lessons learned about designing augmented realities. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, 1(1), 1-15.
- Park, J. (2011). AR-Room: a rapid prototyping framework for augmented reality applications. *Multimedia tools and applications*, 55(3), 725-746.
- Perry, J., Klopfer, E., Norton, M., Sutch, D., Sandford, R. & Facer, K. (2008). AR gone wild: two approaches to using augmented reality learning games in zoos. En *Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences*. (pp. 322-329). The Netherlands.
- Quinn, C. (2000). *mLearning: mobile, wireless, in-your-pocket learning*. Line zine. Learning in the new economy. Recuperado de <https://goo.gl/3iw9MO>
- Ramos, A., Herrera, J. y Ramírez, M. (2010). Desarrollo de habilidades cognitivas con aprendizaje móvil: un estudio de casos. *Comunicar*, 34, 201-209.
- Sánchez, A. & Tangney, B. (2006). Mobile technology towards overcoming technology y time constraints in digital video production. En P. Isaias, P. Kommers y I. Arnedillo-Sánchez (Eds.), *Mobile Learning 2006*, (pp. 256-259). Dublin, International Association for Development of the Information Society Press.

- Spikol D. & Elisasson, J. (2010). Lessons from designing geometry learning activities that combine mobile and 3d tools. *6th IEEE WMUTE International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education* WMUTE, Kaohsiung, Taiwan.
- Squire, K. (2010). From information to experience: Place-based augmented reality games as a model for learning in a globally networked society. *Teachers College Record*, 112(10), 2565-2602.
- Sutherland, I. E. (1968). A Head Mounted Three Dimensional Display. En *Proceedings of the Fall Joint Computer Conference (AFIPS)*; 1968, (pp. 757-764), New York: ACM.
- Thumer, R. & Chalfey, D. (2013). Mobile marketing briefing. *Smart Insights*. Recuperado de <https://goo.gl/76eEkM>
- Van Krevelen, D. & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *The Int. J. Virtual Reality*, 9(2), 1-20.
- Valverde, J., Fernández, M. y Revuelta F. (2013). EL bienestar subjetivo ante las buenas prácticas educativas con TIC: su influencia en profesorado innovador. *Educación XX1*, 16 (1), 255-280.
- Vázquez-Cano, E. (2012). Mobile Learning with Twitter to Improve Linguistic Competence at Secondary Schools. *The New educational Review*, 29(3) 134-147.
- Wither, J., Tasy, Y. & Azuma, R. (2011). Indirect augmented reality. *Computers y Graphics*, 35(4), 810-822.
- Zhu E, Hadadgar A, Masiello I. & Zary N. (2014) Augmented reality in health-care education: an integrative review. *PeerJ*. Recuperado de <https://goo.gl/7fTbnP>
- Zhu, J., Ong, S. & Nee, A. (2015). A context-aware augmented reality assisted maintenance system. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(2), 213-225.

PERFIL ACADÉMICO Y PROFESIONAL DE LOS AUTORES

Javier Fombona Cadavieco. Profesor-investigador Vicedecano CC. de la Educación, Facultad de Formación del Profesorado y Educación (Univ. Oviedo), coordinador ECTS de movilidad internacional. Licenciado y Doctor en CC. de la Información, y Licenciado en Filosofía y CC. de la Educación. Docente en las áreas de Didáctica y Comunicación Audiovisual desde 1986; investiga las TIC Audiovisuales Aplicadas a la Educación, y los dispositivos móviles en Geolocalización y Realidad Aumentada.

Esteban Vázquez Cano. Doctor en Ciencias de la Educación con Premio extraordinario. Ha sido profesor de secundaria en España y Estados Unidos e Inspector de Educación. En la actualidad es profesor e investigador de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Sus líneas de investigación prioritarias son la influencia de las TIC en la Educación y la organización escolar.

Dirección de los autores: Javier Fombona Cadavieco
C/ Aniceto Sela, s/n
33005 Oviedo
E-mail: fombona@uniovi.es

Esteban Vázquez Cano
C/ Juan del Rosal, 14
28040 Madrid
E-mail: evazquez@edu.uned.es

Fecha Recepción del Artículo: 17. Noviembre. 2013
Fecha modificación Artículo: 09. Febrero. 2015
Fecha Aceptación del Artículo: 20. Febrero. 2015
Fecha Revisión para Publicación: 08. Marzo. 2017